

AN: PAT 1996-334931

TI: Device to monitor potential damage on rotating turbines has sensors, which are preferably acceleration transducers, to send signals which are analysed for location and frequency content

PN: DE29504479-U1

PD: 18.07.1996

AB: The device has a chosen combination of sensors (2,3,4,5) to monitor a turbine (1) for potential damage. The sensors are preferably acceleration transducers, which transmit signals which can be evaluated in terms of type of sensor, location, and frequency spectrum. The sensors may be positioned in pairs, which may be arranged diametrically opposite or symmetrically with one another. Two acceleration transducers may also be mounted in a paired arrangement on a diameter of the turbine on its intermediate casing (9), and / or on its longitudinal support (10), in order to monitor the rotor blades.; ADVANTAGE - Allows comprehensive monitoring of turbine vibration, in order to pre-empt damage.

PA: (ISTE-) ISTECH INST SICHERHEITSTECHNOLOGIE GMBH;

FA: DE29504479-U1 18.07.1996;

CO: DE;

IC: F01D-021/20;

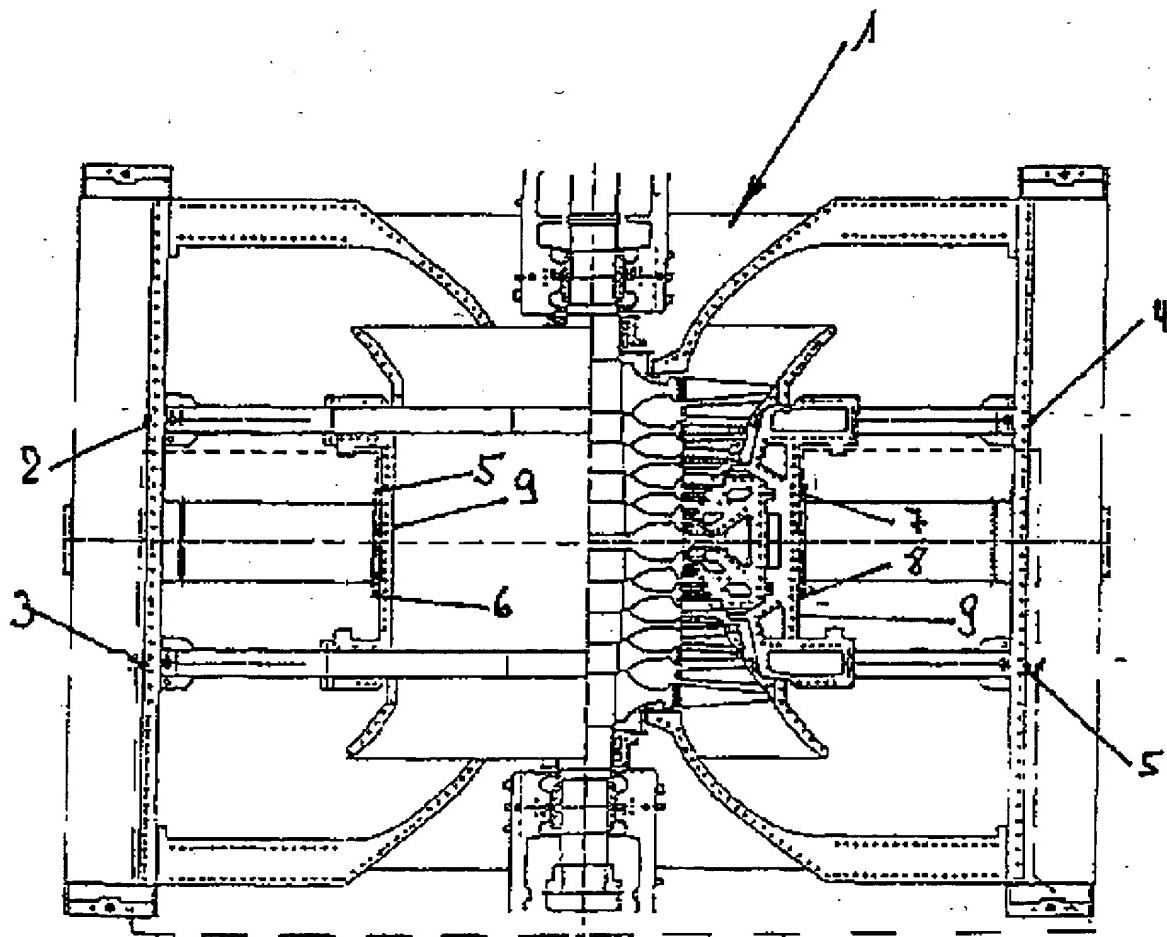
MC: S02-G03; S02-J01; X11-A01X; X11-C;

DC: Q51; S02; X11;

FN: 1996334931.gif

FP: 18.07.1996

UP: 19.08.1996



BEST AVAILABLE COPY

**HIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Gebrauchsmuster  
⑩ DE 295 04 479 U 1

⑮ Int. Cl. 6:  
F01D 21/20

DE 295 04 479 U 1

⑪ Aktenzeichen: 295 04 479.9  
⑫ Anmeldestag: 16. 3. 95  
⑬ Eintragungstag: 18. 7. 96  
⑭ Bekanntmachung im Patentblatt: 29. 8. 96

⑯ Inhaber:

Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH,  
85748 Garching, DE

⑰ Vertreter:

Ralf M. Kern und Partner, 80686 München

⑲ Vorrichtung zur Überwachung von potentiellen Schäden an laufenden Turbinen

DE 295 04 479 U 1

**Neue Gebrauchsmusteranmeldung**

Anmelder: Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH  
Forschungsgelände GRS-Neubau I  
85748 Garching

**B E S C H R E I B U N G**

**Vorrichtung zur Überwachung  
von potentiellen Schäden an laufenden Turbinen**

Die Neuerung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung von Wellen- und Lagerbockschwingungssignalen sowie insbesondere Signalen von Laufschaufeln von großen Turbinen, vor allem von drehfrequenten und höheren harmonischen Signalanteilen über die Zeit.

Neben den deterministischen sind dafür auch stochastische Signalanteile wichtig, welche Hinweise auf Änderungen koppelkritischer Biegeschwingungen der Welle und Resonanzschwingungen von Gehäuse und Turbinentisch geben können.

Aufgabe der Neuerung ist es, eine Vorrichtungskombination zu schaffen, mit der mittels frequenzselektiver Überwachung einerseits alle diese im niederfrequenten Signalgemisch enthaltenen Signalanteile von großen Turbinen verbessert werden kann. Andererseits soll auch im höherfrequenten Bereich eine

295044 79

16.03.95

Überwachungsmöglichkeit geschaffen werden, insbesondere an Laufschaufeln von Turbinen, speziell auch an den Laufschaufeln deren Niederdruckteils. Dabei soll die Vorrichtung optimal einfach aufgebaut und möglichst ohne größeren Aufwand vor allem auch nachrüstbar sein.

Die Neuerung besteht einerseits in einer Kombination von an einer großen Rotationsmaschine, wie einer Turbine zusätzlich zu den vorhandenen Wellenschwingungs-, und Lagerbockschwingungsaufnehmern angebrachten Beschleunigungsaufnehmern, und zwar jeweils paarweise und bei Zusammenschaltung von jeweils vier Signalgebern pro Niederdruckteilr turbine.

Dabei besteht die Kombination nicht nur in der Art der Sensoren, sondern vor allem auch in der Auswahl des Orts ihrer Anbringung sowie des örtlichen Verhältnisses zueinander.

Die an einer laufenden Turbine verwendbare neuerungsgemäße Vorrichtung zur Überwachung von Turbinenschaufeln, insbesondere der im Niederdruckteil befindlichen freistehenden Laufschaufeln benötigt im Grundsatz nur ein einziges Paar Beschleunigungsaufnehmer pro Flut, das diametral am Gehäuse gegenüberliegend angeordnet ist.

Die Messeinrichtungen sind deshalb paarweise, insbesondere symmetrisch angeordnet, um auch Phasen- und Kohärenzfunktionen zwischen den jeweils gleichzeitig analysierten Signalen berücksichtigen zu können.

295044 79

16.03.95

Die neuerungsgemäße Vorrichtung ermöglicht die Ermittlung von Meßsignalen, die in spezieller Weise für die vorausschauende Überwachung der potentiellen Schadensentstehung vor allem an großen Turbineneinheiten verwertet werden. Diagnoseaussagen zu den statistisch mit bis zu einem Drittel an Reparatur- und Ausfallkosten beteiligten Schaufelschäden werden mit der Neuerung deutlich verbessert. Darüber hinaus werden mit der Neuerung auch falsche Schadensmeldungen verminder.

Die neuerungsgemäße Vorrichtung löst auch ein spezielles Überwachungsproblem, nämlich das der Langzeit-Funktionsüberwachung der sogenannten Z-Drähte, die als schwingungsstabilisierende Elemente die umfangsäußersten Enden der freitragenden Laufschaufeln jeweils eine mit der anderen Laufschaufel miteinander verbinden.

Die Neuerung ist nachstehend in wesentlichen Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigt

Figur 1 einen Längsschnitt durch eine Niederdruck-Teilturbine mit den Merkmalen der Neuerung,

Figur 2 eine teilweise weggeschnittene Querschnittsansicht einer Niederdruck-Teilturbine mit den neuerungsgemäßen Sensoren,

Figur 3 ausschnittweise Darstellungen von  
und 4 Turbinenschaufeln mit Dämpfungs-  
und Z-Drähten.

295044 79

16.03.95

Figur      Darstellungen von mit der neuerungs-  
5a-5c      gemäßen Aufnehmerkombination ermöglichten  
              Schwingungsbildern, und

Figur      weitere mit der frequenzselektiven Methode  
6a-6c      ermöglichten analytischen  
              Schwingungsbilder, insbesondere auch aus  
              der Langzeitüberwachung, wobei hier die  
              üblichen Wellen- und Lagerbockschwingungen  
              verwendet werden.

In Figur 1 und 2 ist die Positionierung der in einem Längsschnitt einer Niederdruck-Teilturbine 1, und zwar jeweils paarweise 2 und 3 und 4 und 5 als Körperschall- bzw. Beschleunigungs-Aufnehmer an den ND-Teilturbinenlängsträgern. Ein Einsatz von Schwingungssensoren (Wellen- und Lagerschwingungen) zur Laufschaufel-Überwachung ist hierfür wegen der ungünstigen Massenverhältnisse zwischen den einzelnen Laufschaufeln und dem Rotor ungeeignet.

Die eingeziehenen jeweils paarweise gegenüberliegenden Beschleunigungsaufnehmer 2/4 bzw. 3/5 sind entweder am Längsträger der Turbine oder am Turbinen-Zwischengehäuse 5/7 bzw. 6/8 angebracht, womit sich eine Verbesserung der Signalqualität ergab. Speziell zur Laufschaufelüberwachung haben sich dafür jeweils zwei sich gegenüberliegende Beschleunigungsaufnehmer pro Flut bewährt.

295044 79

16.03.98

Da die Schwingungen der Laufschaufeln, insbesondere der letzten drei freistehenden Stufen überwacht werden sollen, um aus Veränderungen Rückschlüsse auf beginnende Schaufelschädigungen ziehen zu können, werden die Laufschaufelpassierfrequenzen als Informationsträger herangezogen.

In den Figuren 3 und 4 sind Ausschnitte aus einem Turbinenlaufrad aus verschiedenen Perspektivwinkeln dargestellt, welche die Endbereiche der freistehenden Turbinenschaufeln 11 zeigen, welche einerseits mittels eines durch die Turbinenschaufel 14 durchgehenden einwärts von den Schaufelstirnenden 13 angeordneten Dämpfungsdrähten 12 weiter miteinander verbunden sind und andererseits durch sogenannte Z-Drähte 14 in Form von Stiften, die die Enden zweier jeweils benachbarter Turbinenschaufeln miteinander verbinden, d.h. den Raum zwischen den Turbinenblättern überbrücken, daran befestigt sind und der Stabilisierung des Laufschaufelverbandes dienen.

Diese Z-Drähte können Schwachpunkte sein, zumal sie sich zum Schaufelende hin befinden, also besonders schwingungsgefährdet sind, und zwar krafthebelartig, wobei die Hochtemperatur-Spannungsrißkorrosion bevorzugt am Schaufelfuß zu beobachten ist. Die Überwachung der Z-Drähte durch Messung der Laufschaufelpassierfrequenz ist somit auch ein empfindliches Kriterium zur Überwachung des globalen Zustands der Turbinenschaufeln.

295044 79

16.03.95

In Fig 5 a ist ein breitbandiges Frequenzspektrum mit Angabe für die einzelnen Turbinenstufen (Stufen 5/6 und 7-9) berechneten und von den Aufnehmern 2/3 bzw. 4/5 gemessenen Laufschaufelpassier-Frequenzen wiedergegeben.

Für Stufe 8 ist in Figur 5 b der Frequenzbereich gezoomt dargestellt, wobei bei der Frequenz von 2.4 kHz, entsprechend Drehzahl mal Laufschaufelzahl von Stufe 8, ein durch den Durchlauf der Laufschaufeln erzeugter Schwingungspeak 16 wesentlich besser erkennbar ist. Bild 5b enthält die gezoomten Leistungsdichtespektren von zwei Beschleunigungsaufnehmern, Bild 5c enthält die Kohärenzfunktion beider Aufnehmer.

Die Untersuchung der Frequenzfelder links und rechts von diesem Peak erlaubt dann die Ermittlung von Unregelmäßigkeiten z.B. Nebenpeaks 17 und 18 deren Entwicklung bzw. Veränderung über die Zeit gemäß Figur 5 d eine Beurteilung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadens zu einem annähernd vorausschaubaren Zeitpunkt. Der Vergleich zwischen Bild 5b und 5c lässt erkennen, daß die im Seitenbandbereich von Bild 5b vorhandenen Störeinflüsse der Betriebsgeräusche durch Einsatz von Korrelationsanalysetechniken in Bild 5c stark reduziert werden. Dadurch wird die Detektion von Schadensentwicklungen verbessert. Durch rechtzeitige Einplanung von Reparaturen kann ein ungeplanter Turbinenstillstand wegen Bruch der Schaufeln vermieden werden.

295044 79

16.03.95

Mit der neuerungsgemäßen Anordnung von wenig kostenspieligen und auf einfache Weise nachrüstbaren Sensoren und der laufenden, d.h. auch langzeitmäßigen Auswertung deren Signale ist neben der Feststellung schon eingetretener bzw. schon deutlich erkennbarer Schäden, auch die Beobachtung von zunächst nur als Anomalien auftretender Signale zur definitiven Schadensvorhersage möglich. Eine evtl. schadensträchtige Erhöhung von mormalerweise unbedeutenden Laufschaufelschwingungen können eine Frequenzmodulation in der betreffenden Laufschaufelpassierfrequenz hervorrufen. Dieser Einfluß ist dann im Seitenbandbereich beidseitig des Peaks 16 in Abhängigkeit vom Schadensfortschritt erkennbar.

Auf ähnliche bzw. analoge Weise lassen sich auch mit an anderen Stellen angeordnete Sensoren bzw. Aufnehmern gemessene Daten gemäß Figur 6 a-c als Signale als Überwachungs- und Schadensvoraussage-Daten einsetzen, wobei es neuerungsgemäß auch auf die Anbringung an spezifischen Stellen und die aussagegemäß synergistisch wirksame Kombination bestimmter Messstellen und bzw. mit verschiedenen spezifischen Messgrößen ankommt.

So zeigt Figur 6 a zur Interpretation der durch eine Vielzahl von Schwingungspeaks gekennzeichneten Frequenzanteile von Leistungsdichtespektren von Lagerbockschwingungsaufnehmern während des Turbinen-Leistungsbetriebs, bei denen relevante Rotor- und Strukturresonanzen als Resonanzüberhöhungen nachweisbar sind. Korrelationsanalysen ergaben, daß die dabei nachgewiesenen Resonanzüberhöhungen identisch sind mit

29504.4 79

16.03.95

denen sonst nur bei Turbinenauslauf beobachteten Resonanzüberhöhungen.

Antoleistungsdichte Spektren (Fig. 6a) zeigen diesen Sachverhalt am Spektrenvergleich zwischen einem Lagerschwingungsaufnehmer an der ND2-Teilturbine (Fig. 6b) und einem Turbinentisch-Aufnehmer nahe am ND2-Gehäuse 1. Aus den Spektren liegen die stochastischen resonanzbildenden Anteile vorwiegend im Bereich von 0-50 Hz.

Neben den rotor-koppelerritischen Schwingungen (Fig. 6c) (HD-K, ND1-K, ND2-K, GEN-K1 und GEN-K2) sind auch Gehäusevertikalschwingungen (ND1/2-V) aber auch Turbinentisch-Resonanzen (Tisch-H, Tisch-V1 und Tisch V-2) Fig .6a enthalten. Gemäß Fig. 6a heben sich auch die drehfrequenten Signalanteile deterministischer Art (ROTOR-1X, ROTOR-2X und ROTOR-3X) hinsichtlich ihrer Peak-Form besonders deutlich ab.

Diese Art der frequenzselektiven Überwachung von Resonanzen während des Leistungsbetriebs ist insbesondere für große Kraftwerksturbosätze, die im Grundlastbetrieb gefahren werden, sehr interessant: Da diese Maschinen manchmal nur 1mal pro Jahr abgefahren werden, könnten die bisher eingesetzten Methoden beim Turbinenauslauf nur äußerst selten eingesetzt werden. Mit der vorgestellten Methode ist dies nun auch jederzeit während des Leistungsbetriebs möglich.

295044 79

16.03.95

**SCHUTZANSPRÜCHE**

1. Vorrichtung zur Überwachung von potentiellen Schäden an laufenden Turbinen bestehend in einer bestimmten ausgewählter Kombination vorgesehener Sensoren 2-5 bzw. 5-8, insbesondere Beschleunigungsaufnehmern als Signalgeber zur Überwachung der Turbine 1, wobei der Informationsgewinn durch Auswahl der Art der Sensoren, dem Ort ihrer Anbringung und der Art der frequenzselektiven Signalanalyse unter Einsatz von Korrelationstechniken erzielt wird.
2. Vorrichtung zur Überwachung nach Anspruch 1 bei der die Sensoren z.B. Beschleunigungsaufnehmer jeweils paarweise und in diametraler oder symmetrisch zueinander liegender Anordnung vorgesehen sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet daß zur Schaufelüberwachung zwei Beschleunigungsaufnehmer in paarweiser Anordnung diametral zur Turbine am Turbinen-Zwischengehäuse 9 und/oder an deren Längsträger 10 vorgesehen sind.

295044 79

16.03.95

Fig. 1

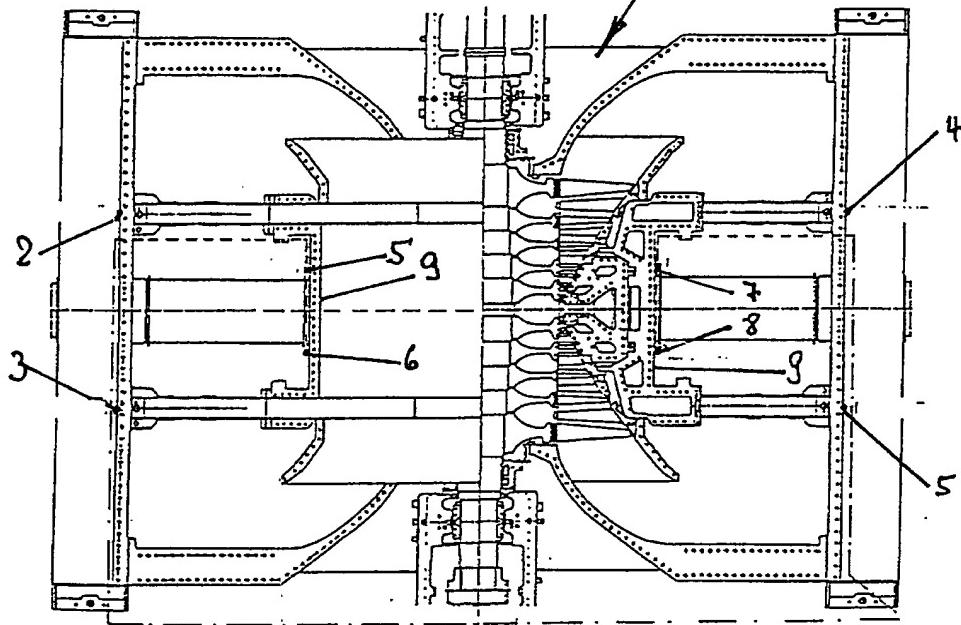
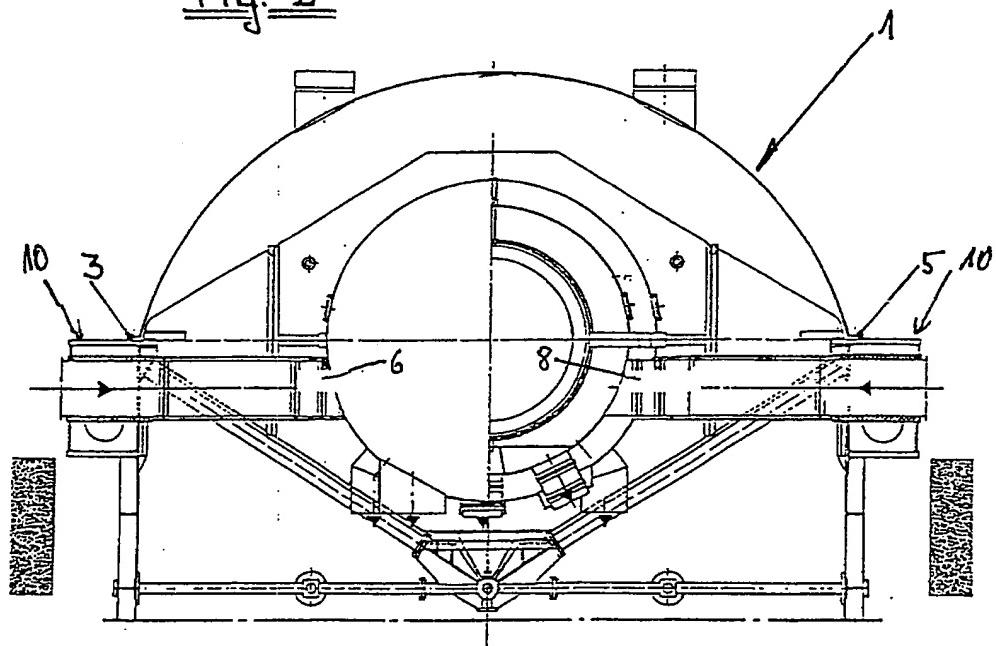


Fig. 2



295044 79

1960 3 16A (LVA T03)

BEST AVAILABLE COPY

30-06-95

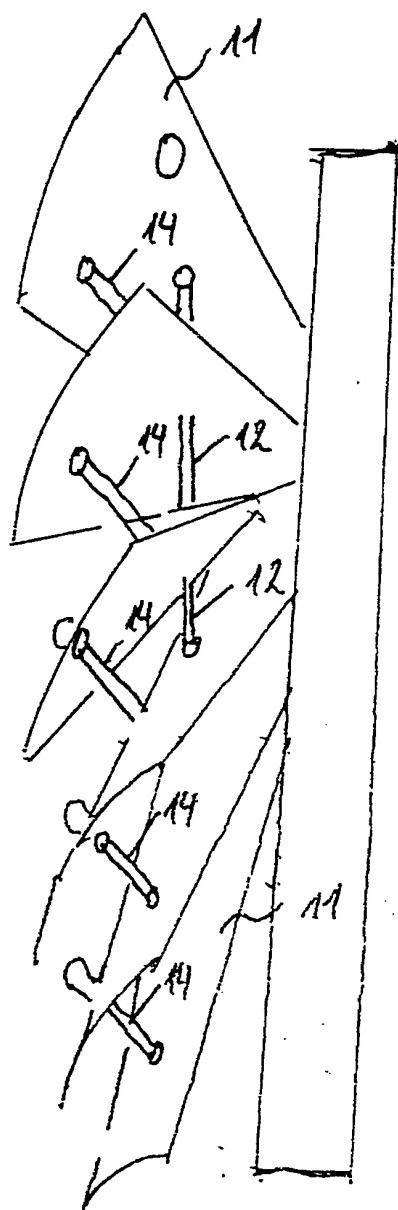


Fig. 3

295044 79

BEST AVAILABLE COPY

30-06-95

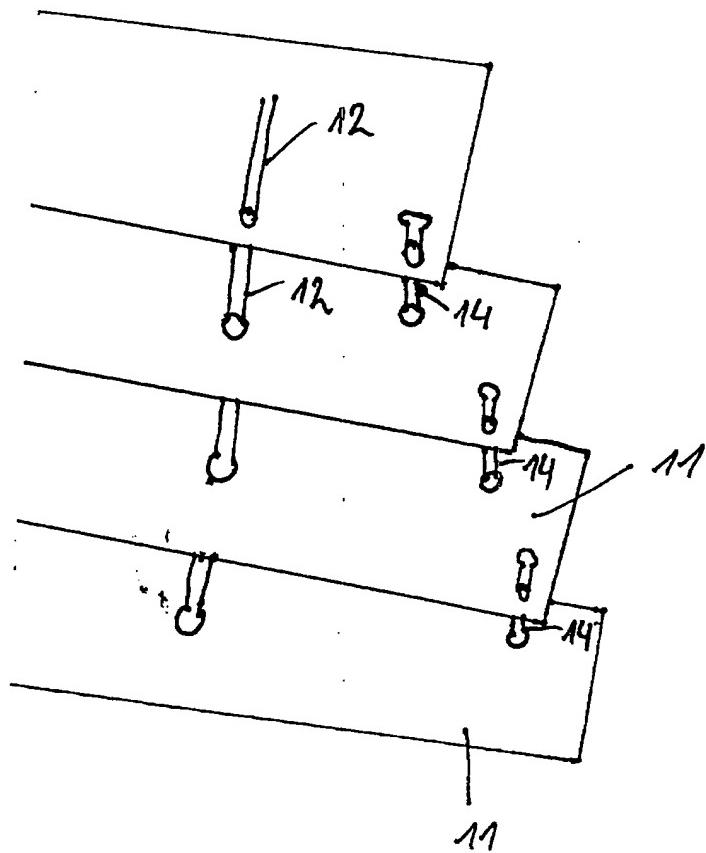


Fig. 4

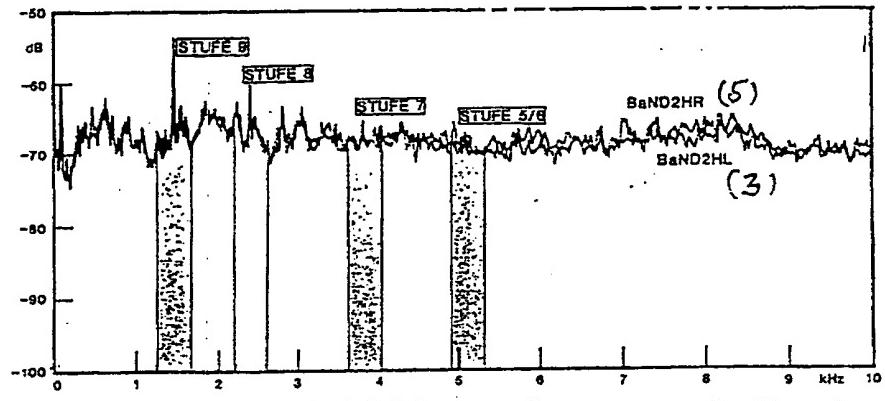
295044 79

SEARCHED SERIALIZED INDEXED

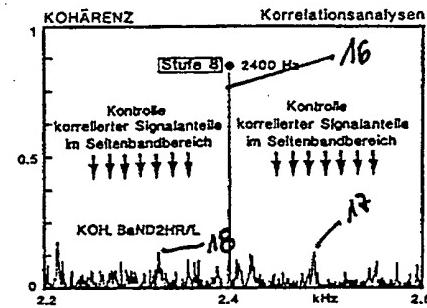
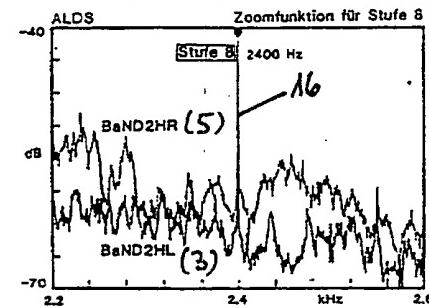
BEST AVAILABLE COPY

Fig. 5

a)



b)



c)

MAGNITUDE  
AMPLITUDENFAKTOR

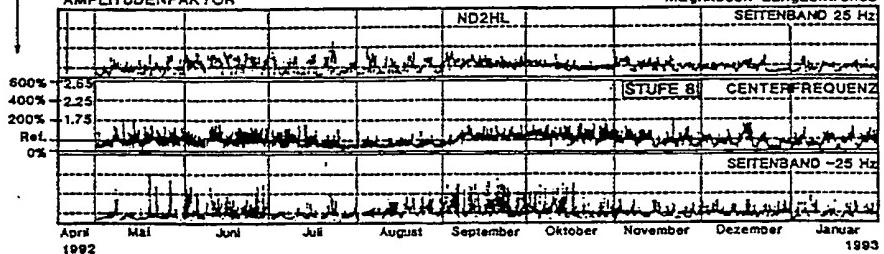


Fig. 2

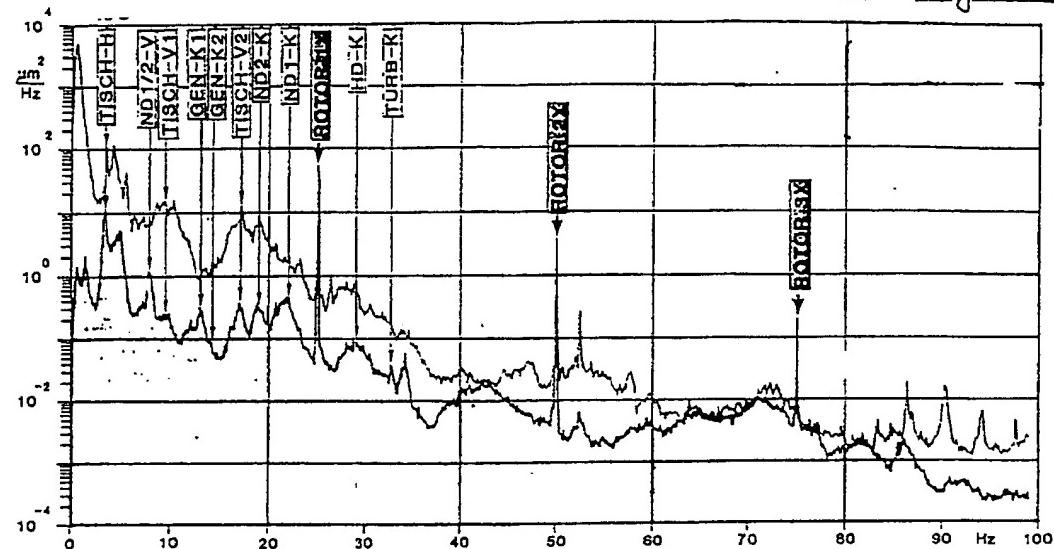
- 11

295044 79

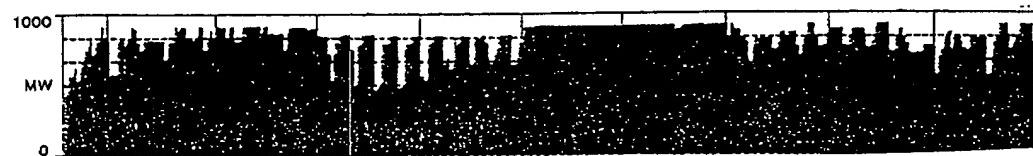
BEST AVAILABLE COPY

16.03.95

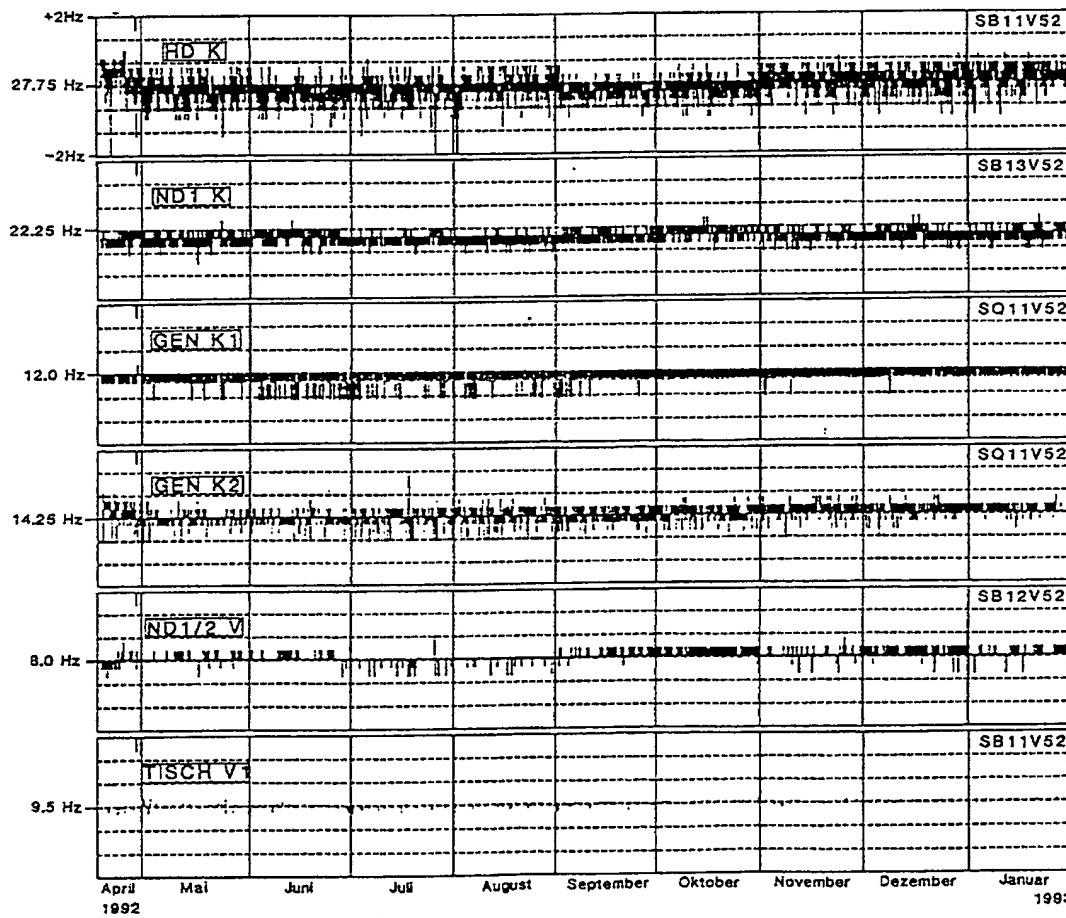
Fig. 6



a)



b)



c)

10

295044 79

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**